



بررسی جذب سطحی رنگ خوراکی اریتروزین بر روی جاذب پوست نارنج

نویسنده: ۱- رضا بهداد ۲- اعظم اسپریم

۱- کارشناس ارشد شیمی تجزیه

۲- کارشناس ارشد شیمی فیزیک

نویسنده اول: r.behdad.23@gmail.com

نویسنده دوم: aazamsprim@gmail.com

چکیده:

سالانه مقدار بسیار زیادی رنگ در دنیا ساخته شده و به صنایع تزریق می گردد که متعاقب آن به طور مستقیم و غیر مستقیم آلودگی هایی هم به محیط زیست وارد می گردد. رنگ اریتروزین به عنوان رنگی شناخته شده که کاربردهای مختلفی در صنایع مختلف دارد که این رنگ دارای پتانسیل جهش زایی و سرطانی می باشند. این ماده رنگزا نه تنها رنگ نامطلوبی به آب می دهند حتی سبب تولید محصولات جانبی سمی در محیطهای آبی می گردند. هدف از این تحقیق، کاربرد جاذب طبیعی ارزان قیمت و زیست سازگار و بدون ایجاد سمیت پوست نارنج در حذف رنگ اریتروزین که یک رنگ خوراکی است، تاثیر فاکتورهای مثل غلظت رنگزاها، pH، مقدار جاذب، دما و زمان تماس مورد بررسی قرار گرفته. در این آزمایش میزان جذب سطحی رنگ در محلول توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر محاسبه شده است. نتایج آزمایشات نشان می دهد که pH پایین بهترین شرایط را برای حذف رنگ اریتروزین مهیا می نماید.

کلمات کلیدی: رنگ خوراکی، رنگ اریتروزین، جاذب، پوست نارنج، حذف رنگ.



مقدمه و هدف

در حال حاضر در حدود ۱۰۰۰۰۰ نوع رنگ تجاری وجود داشته که در مورد بسیاری از آنها میزان رهاسازی سالیانه آنها در محیط زیست مشخص نیست. در حالت کلی گفته می شود که در حدود ۱۵-۱۰٪ رنگ های تجاری از طریق پسابها وارد محیط زیست می شوند.

گزارشات زیادی در مورد حذف آلاینده های شیمیایی و فلزات گوناگون از منابع آبی و فاضلابهای صنعتی، کشاورزی و خانگی تا کنون آورده شده است. در سالهای اخیر در مورد حذف رنگها نیز کارهای زیادی انجام گرفته است. از این رو برای تصفیه این پسابها نیاز به زدودن رنگ از آب است که تاکنون روشهای متعددی برای زدودن این رنگها ارائه شده است که از بین آنها استفاده از روش جذب، موثرتر و ارزان تر از سایر روشها است. فرایندهایی که در تصفیه آب و فاضلاب وجود دارد عبارتند از: ۱-فرآیند انعقاد و لخته سازی ۲-فرآیند جذب سطحی ۳-فرآیند غشایی ۴-فرآیند تبادل یونی ۵-فرآیند اکسیداسیون شیمیایی ۶-فرآیند بیولوژیکی.

بررسی جذب سطحی و خروج نمونه رنگ اریتروزین که در صنایع غذایی و صنایع رنگ استفاده شده و پس از مصرف، وارد پساب های زیست محیطی می شود. با استفاده از جاذب سلولزی پوست نارنج مورد بررسی قرار می گیرد بدین منظور غلظت های مولی مشخص از رنگ مربوطه تحت آزمایش تهیه شده و با دستگاه اسپکتروفوتومتر طیف جذبی به دست آمده و ماکزیمم جذب آن محاسبه می گردد. نسبت های مولی رنگ به جاذب در متن آورده شده است. برای هر نمونه رنگ در زمان های یکسان متوالی همراه با چرخاندن شدید، در ماکزیمم جذب رنگ مورد مطالعه، مقدار جذب رنگ محاسبه می شود. برای هر نمونه، ۵ الی ۶ اندازه گیری انجام می شود. نمودار جذب بر حسب غلظت محاسبه شده و با استفاده از این نمودار، میزان رنگ جذب شده در بازه زمانی مورد بررسی به دست می آید. در پایان، فرآیند جذب سطحی از نظر فاکتورهای عملی موثر (دما، غلظت اولیه رنگ و غیره) بر روی میزان جذب سطحی رنگ بر روی بستر سلولزی بهینه سازی می گردد. و با دریافت نتایج نهایی در نهایت کارایی جاذب و بهترین شرایط جذب، پیشنهاد خواهد گردید تا بدین وسیله امکان توسعه کیفی و کمی بیشتر موضوع در طرح های آتی فراهم گردد.

رنگ مورد استفاده در این تحقیق از نوع رنگ های خوراکی می باشد، که به منظور رنگ دهی به محصولات مختلف در صنایع غذایی همچون کارخانجات تولید نوشابه و آبمیوه های مختلف به کار می روند. در این تحقیق از ترکیب سلولزی



فاقد مصرف و دور ریز پوست نارنج به منظور بررسی امکان رنگبری استفاده شده که با دریافت نتایج آزمایش و بهینه سازی شرایط و مقایسه ظرفیت جذب سطحی جاذب های مختلف، روش مناسب پیشنهاد گردیده است که از محاسن این روش بررسی امکان حذف رنگهای خوراکی در پساب کارخانه های صنایع غذایی و دارویی با استفاده از جاذب های ساده و در دسترس و نیز بررسی امکان استفاده از جاذب ارزان قیمت و زیست سازگار سلولزی برای جذب سطحی رنگ و همچنین بررسی شرایط بهینه فرآیند جذب از نظر تاثیر عواملی همچون دما، pH، دوز جاذب استفاده شده و زمان تماس رنگ با بستر جاذب بر روی میزان جذب رنگ می باشد [۱].

تئوری و پیشینه تحقیق

در سال ۲۰۰۴ راشا کورنکی و همکارانش در مورد حذف رنگ واکنشی بوسیله خاکستر باگاس نیشکر مطالعاتی شده که در این آزمایش از باگاس نیشکر که یکی از مواد زائد صنعت قند و نیشکر و ارزان قیمت و بی مصرف می باشد به عنوان جاذب استفاده شده است که به این صورت بوده که بر روی رنگ های که دارای سمیت زیادی می باشد مورد استفاده قرار گرفته است که نتایج خوبی به دست آمده است. رنگ های واکنشی که در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفت شامل رنگ سیاه رموزال، رنگ آبی درخشان رموزال و رنگ قرمز درخشان رموزال می باشند. آزمایشات نشان داده که افزایش غلظت اولیه رنگ باعث کاهش راندمان گردیده در صورتیکه راندمان حذف رنگ با افزایش مقدار جاذب باگاس نیشکر افزایش یافته بهترین شرایط برای این آزمایش در غلظت رنگ ۵۰ میلی گرم بر لیتر و همچنین pH اولیه حدود ۵ بوده و نتایج به دست آمده نشان داده که pH در این آزمایش تاثیر زیادی بر روی جذب نداشته است. برای به دست آوردن مقدار حذف شده رنگ از دستگاه اسپکترو فوتومتر استفاده شده است [۲].

در سال ۱۳۸۳ آرامی و همکارانش در مورد حذف رنگ های اسیدی مطالعاتی شده که در این تحقیق رنگبری رنگزهای اسیدی آبی ۹۲ و اسیدی قرمز توسط جاذب طبیعی، ارزان قیمت و زیست سازگار پوسته بلغور سویا، از محلولهای آبی، مورد مطالعه قرار گرفته است. تاثیر فاکتورهای موثر pH، زمان تماس، غلظت رنگزا و مقدار جاذب در میزان رنگبری رنگزهای فوق مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصل توسط ایزوترم های جذب لانگمویر، فروندلیچ ارزیابی شده است. نتایج حاکی



از آن است که جذب جذب رنگزای اسیدی قرمز ۱۴ از ایزوترم فروندلیچ تبعیت کرده است. در pH های اسیدی برای هر دو رنگزا نتایج بهتری مشاهده شده است. ظرفیت جذب سطحی برای دو رنگزای اسیدی آبی ۹۲ و قرمز ۱۴ به ترتیب ۸۱/۶۹ و ۶۵/۵۶ میلی گرم در گرم جاذب محاسبه گردیده است. همچنین سرعت جذب هر دو رنگزا مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشانگر آن است که حذف رنگزای اسیدی آبی ۹۲ و اسیدی قرمز ۱۴ از محیط به طور مطلوبی از سینتیک نوع دوم تبعیت کرده است [۳].

در سال ۱۳۸۳ دانشور و همکارانش در خصوص حذف رنگ مونو آزوی قرمز قلیایی ۴۶ در آبهای آلوده به روش انعقاد الکتریکی تحقیقاتی شده است. نتایج نشان داده است که انعقاد الکتریکی روشی موثر در جهت تصفیه پسابهای آلوده به مواد رنگی می باشد. در این روش با اعمال جریان الکتریکی به دو الکترود شناور در محلول حاوی آلاینده، لخته های هیدروکسید فلزی تولید شده و با مکانیسم های جذب سطحی، تخریب شیمیایی و ترسیب باعث حذف آلاینده شده است [۴].

در سال ۲۰۰۷ حسنین و همکارانش در خصوص حذف کم هزینه رنگهای آبی پراکنده و قرمز پراکنده از محلول های آبی بوسیله خاکستر نخل خرما تحقیقاتی داشته اند. برای هزینه بسیار پایین از خاکستر نخل خرما استفاده نموده اند و در این آزمایش پارامترهای موثر در جذب مانند pH، غلظت اولیه رنگ و زمان تحریک را مورد بررسی قرار داده و که بهترین $pH = 2$ یعنی محیط اسیدی و بهترین زمان تماس ۶۰ دقیقه می باشد. برای توصیف جذب رنگها از دو ایزوترم لانگمویر فروندلیچ مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش نشان داده است که با افزایش زمان تماس جاذب با محلول رنگ ها میزان حذف رنگ بیشتر می شود [۵].

در سال ۱۳۸۹ هادی و همکارانش در مورد پارامترهای رفتارستون در جذب رنگ از محلولهای آبی توسط ستون بستر- ثابت کربن فعال تحقیقاتی نموده اند که جاذب مورد استفاده در این مطالعه، با استفاده از فرایند شیمیایی - گرمایی از مخروط درخت کاج تهیه گردیده است و بعد از تعیین مشخصات شیمیایی و فیزیکی، جهت حذف دو رنگهای سیاه اسیدی ای بی ۱ و آبی اسیدی ای بی ۱۱۳ استفاده شده است. مطالعه جذب هر دو رنگ در حالت منقطع به منظور تعیین مدل ایزوترمی مطلوب صورت پذیرفته است. مطالعه ایزوترم های جذب نشان داد جذب هر دو رنگ توسط جاذب، از مدل ایزوترمی لانگمویر تبعیت می کند. مقدار ظرفیت جذب تک لایه ای رنگهای سیاه اسیدی ای بی ۱ و آبی اسیدی ای بی ۱۱۱ بر اساس مدل ایزوترمی لانگمویر به ترتیب برابر با ۴۵۸ و ۲۸۶ میلی گرم بر گرم تعیین گردیده است [۶].

در سال ۱۳۸۹ محوی و همکارانش در خصوص حذف رنگ آزوی قرمز اسیدی ۱۸ به وسیله کربن فعال به دست آمده از چوب گردو تحقیقاتی شده است که در این تحقیق پارامترهای مختلفی از جمله غلظت اولیه محلول رنگ، اثر جرم ماده جاذب بر



حذف رنگ جهت استخراج ایزوترمهای جذب و pH بررسی شده است. برای اندازه گیری غلظت باقیمانده رنگ از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۸ نانومتر استفاده گردیده است. نتایج نشان داد که رنگ قرمز اسیدی ۱۸ از ایزوترم فروندلیچ $R_2 > 0.269$ پیروی می کند. با استفاده از مدل لانگمویر، حداکثر ظرفیت جذب این رنگزا ۳۲/۸ میلی گرم بر گرم محاسبه شده است. بطور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داده که می توان از کربن فعال ساخته شده از چوب گردو به عنوان یک نوع جاذب موثر جهت حذف رنگهای آزو استفاده کرد [۷].

در سال ۱۳۹۰ شکوهی و همکارانش تحقیقی در خصوص حذف رنگ اسید آبی ۱۱۳ از محیط های آبی با استفاده از جذب بر روی گل قرمز فعال شده به عنوان جاذب ارزان قیمت انجام داشته اند. در این تحقیق با ثابت نگه داشتن زمان تعادل، تأثیر pH، غلظت اولیه رنگ، سینتیک و تعادل فرآیند مورد بررسی قرار گرفته است. آنالیز و تفسیر داده ها با استفاده از ضریب رگرسیون* انجام شده است. نتایج نشان داده که کارایی حذف رنگ با افزایش pH و غلظت اولیه رنگ، کاهش و با افزایش زمان تماس، افزایش یافته است [۸].

در سال ۱۳۹۰ هاشمیان و همکاران ایشان در مورد حذف رنگ اسیدی ایندیگو کارمین توسط جاذب خاک اره تحقیقاتی داشته اند که نتیجه این تحقیقات نشان می دهد که این جاذب بعلاوه اینکه جاذب ارزان قیمت، فراوان و زیست سازگار می باشد توانایی حذف رنگ ایندیگو کارمین را نیز دارا می باشد [۹].

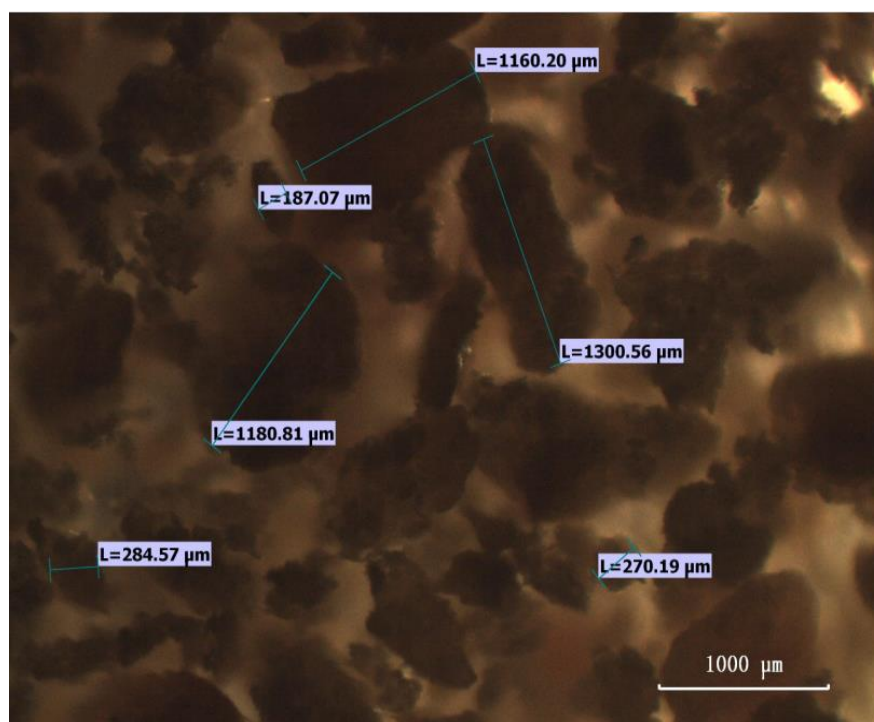
مواد و روش ها

جاذب کار شده در این آزمایش از پوست حاصل شده است که جاذب پوست نارنج یک نوع جاذب سلولزی می باشد. یک عکس گرفته شده با میکروسکوپ الکترونی را در شکل ۱ و ساختار و ویژگی سلولز را می توان به ترتیب در شکل شماره ۲ و جدول شماره ۱ مشاهده نمود.

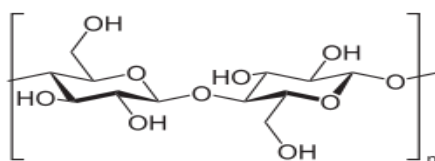
ابتدا برای تهیه جاذب از نارنج، آنرا با آب به خوبی شسته و خشک نموده سپس پوست نارنج را کنده و به مدت ۳ شبانه روز آنرا دور از نور نگه داشته چون ممکن است اشعه ماوراء بنفش بر روی آن تاثیرگذار باشد بعد از ۳ شبانه روز که



پوست نارنج خشک شد آن را به صورت پودر درآورده و ذرات درشت آنرا جداسازی می نماییم محدوده اندازه ذرات پودر جاذب بین ۱۵۰ تا ۱۳۰۰ میکرو متر بوده است که با استفاده از میکروسکوب نوری از جاذب پوست نارنج عکس برداری شده است (ذرات ریز جاذب را می توان در شکل شماره ۳-۹ مشاهده نمود). سپس مقدار ۱۵۰ میلی لیتر بوتیل الکل را با آن مخلوط کرده و با جارتست به مدت ۳ ساعت به هم می زنیم. در مرحله بعد ۲ بار با بوتیل الکل شسته و با استفاده از قیف بوختر پودر جامد را از فاز مایع رنگی جداسازی می نماییم و در مرحله بعد جاذب را درون آون قرار داده و به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد نگه می داریم تا الکل از جاذب جدا شده و تداخلی در آزمایش ایجاد نکند [۱۰].



شکل شماره ۱- تصویر جاذب گرفته شده بوسیله میکروسکوب نوری



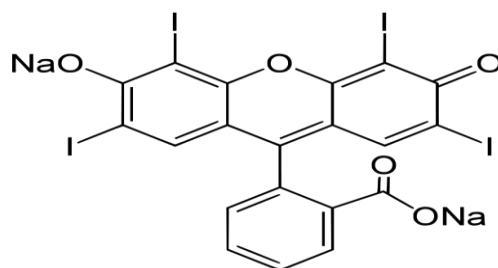
شکل شماره ۲ - ساختار سلولز



جدول شماره ۱ - خصوصیات سلولز

نوع ماده	فرمول شیمیایی	چگالی (گرم بر سانتیمتر مکعب)
سلولز	$(C_6H_{10}O_5)_n$	۱.۵

رنگ اریتروزین یک رنگ اسیدی می باشد که در صنایع غذایی به عنوان رنگ دهنده غذا مورد استفاده و همچنین در چاپ پارچه و در صنایع پزشکی کاربرد دارد. ساختار شیمیایی و خصوصیات رنگ اریتروزین به ترتیب می توان در شکل شماره ۳ و ۴ جدول شماره ۲ مشاهده نمود [۱۱].
نام آیوپاک رنگ اریتروزین نمک دی سدیم ۹-(۱۳-اکسو-کربوسیل)-۶-هیدروکسی-۲،۴،۵-و ۷-تترا-یدو-۳-ایزوزانتون مونوهیدرات می باشد.



شکل شماره ۳- ساختار شیمیایی رنگ اریتروزین

جدول شماره ۲- خصوصیات رنگ اریتروزین

نام رنگ	فرمول شیمیایی	جرم ملکولی (گرم بر مول)
اریتروزین	$C_{20}H_6I_4Na_2O_5$	۸۹۷/۸۸



شکل شماره ۴- شکل ظاهری رنگ اریتروزین

در این بخش بر روی رنگ اریتروزین کار شده است که محلول سازی آن به یک روش ثابت می باشد:

ابتدا ۰/۰۰۶ گرم از رنگ مربوطه را با ترازوی دیجیتالی وزن کرده و درون ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر ریخته و آن را به خوبی هم زده تا خوب حل شود سپس دما، pH آنرا ثبت کرده و با استفاده از دستگاه اسپکترو فوتومتر آنرا محاسبه کرده که در این طول موج بیشترین جذب را داشته ایم. سپس این طول موج را برای دستگاه تعریف می کنیم و در این طول موج کار می کنیم. در مرحله بعد ۰/۷ گرم از جاذب را درون ۱۵۰ میلی لیتر از محلول رنگ مورد نظر خود ریخته و با استفاده از دستگاه جارتست با دور موتور ۱۸۰ rpm به مدت ۱۵ دقیقه بهم زده و بعد به مدت ۱۰ دقیقه آنرا سانتریفوژ می کنیم تا ذرات جاذب جدا شود سپس محلول از جاذب جدا شده را در λ_{max} وارد شده در دستگاه اندازه گیری می نمائیم که با توجه به مقدار جذب مربوطه نشان میدهد که آیا جاذب جذب خوبی روی این رنگ داشته یا خیر [۱۰].

برای تعیین شرایط بهینه رنگبری، پارامترهای موثر در جذب سطحی همچون غلظت رنگزا، pH، مقدار جاذب و زمان تماس مورد بررسی قرار گرفته، با تغییر یک فاکتور و ثابت نگه داشتن بقیه پارامترها مقدار بهینه عوامل را جهت بهینه کردن شرایط جذب رنگ معین می گردد و سپس با فراهم آوردن شرایط بهینه برای کلیه پارامترها، میزان جذب نهایی محلول در لحظه تعادل تعیین می شود.

با رسم منحنی کالیبراسیون جذب بر حسب غلظت محلول در ماکزیمم جذب مشخص، میزان جذب نمونه های رنگی بر روی جاذب ها به دست آمده و در زمان دیگری با ثابت نگه داشتن فاکتورهای موثر جذب مانند تغییرات دما، pH، مقدار جاذب و زمان تماس رنگ با جاذب تاثیر فاکتور مورد نظر را در جذب سطحی به دست می آوریم. با مقایسه میزان جذب با استفاده از جاذب پوست نارنج و pH و دماهای گوناگون، مقدار جاذب و زمان تماس رنگ با جاذب، بهینه ترین شرایط جذب به دست می آید. میزان رنگ حذف شده نیز از رابطه ذیل به دست آورده شده است.



$$\text{درصد خروجی رنگ} = \frac{\text{جذب اولیه رنگ} - \text{جذب ثانویه رنگ}}{\text{جذب اولیه رنگ}} \times 100$$

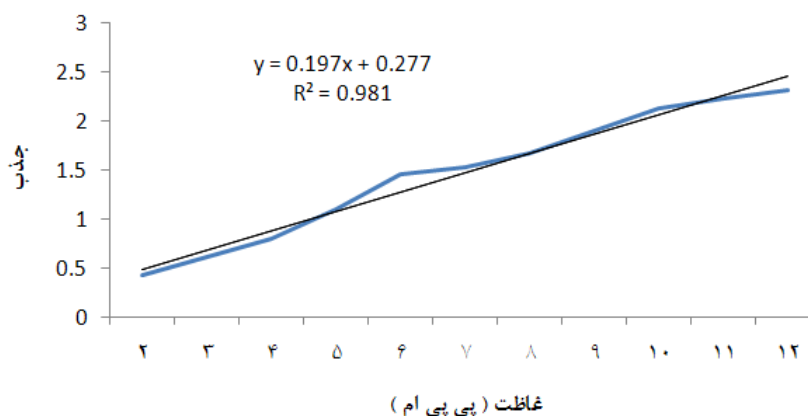
همچنین داده ها را با استفاده از مدل های لانگمویر و فرنللیچ مورد ارزیابی قرار گرفتند.

نتایج و بحث

بررسی نمودار کالیبراسیون رنگ اریتروزین

نمودار کالیبراسیون رنگ اریتروزین که در غلظت های مختلف به دست آمده است را در نمودار شماره ۱ می توان

مشاهده نمود.



نمودار شماره ۱- نمودار کالیبراسیون رنگ اریتروزین

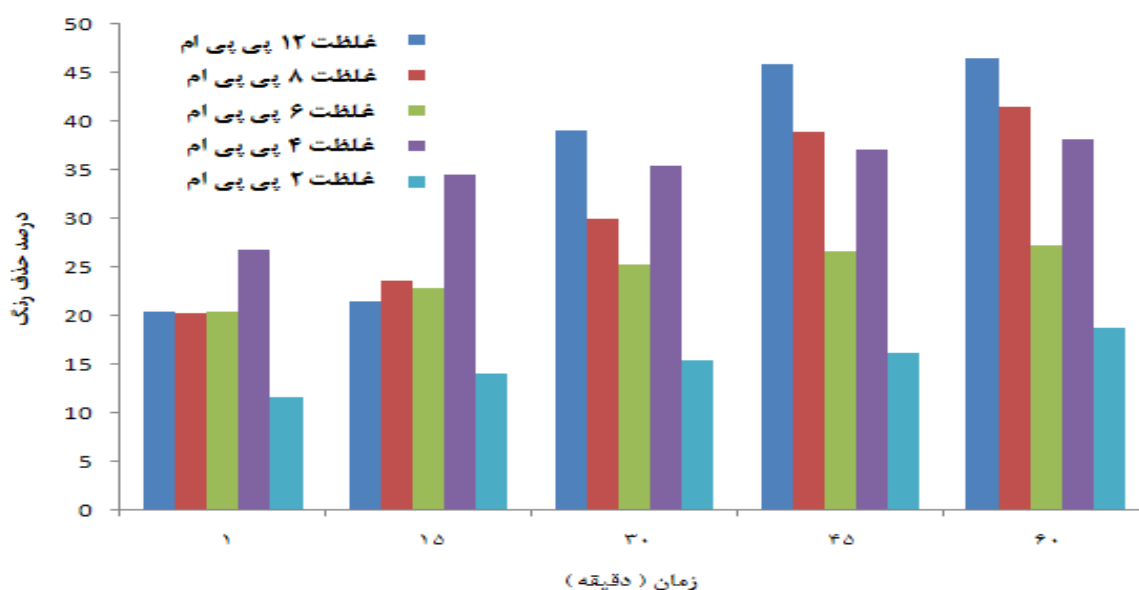
بررسی تاثیر غلظت اولیه رنگ بر میزان جذب سطحی رنگ اریتروزین

در این آزمایش در شرایط pH ثابت به بررسی تاثیر زمان تماس جاذب با محلول رنگ پرداخته شد که نتایج نشان

می دهد که پارامتر غلظت اولیه رنگ در محلول رنگ بر روی حذف رنگ اریتروزین تاثیرگذار بوده است. بعد از ثبت جذب



محلول اولیه بوسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر رنگ مقدار ۱۵۰ میلی لیتر از محلول رنگ را درون بشر ریخته و ۰/۷ گرم از جاذب پوست نارنج مخلوط نموده ایم این آزمایش در غلظت های ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۲ ppm برای پوست نارنج و در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد و به وسیله دستگاه جارتست انجام پذیرفت و بعد از زمان های ۱۵ دقیقه ای محلول را به مدت ۱۰ دقیقه و با دور rpm 4000 سانتریفوژ شده و میزان جذب را با دستگاه اسپکتروفوتومتر به دست آورده و میزان حذف رنگ را محاسبه نمودیم که بیشترین میزان حذف رنگ در غلظت ۱۲ پی پی ام صورت پذیرفت که ماکسیمم میزان حذف رنگ در دقیقه ۶۰ و ۴۶/۳۶٪ بوده است و برای اکسید مس در غلظت ۴ ppm و در زمان ۷۵ دقیقه و به میزان میزان ۸۶/۰۹٪ بوده است. حذف رنگ اریتروزین در غلظت های ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۲ ppm توسط پوست نارنج را می توان در نمودار شماره ۲ مشاهده نمود.

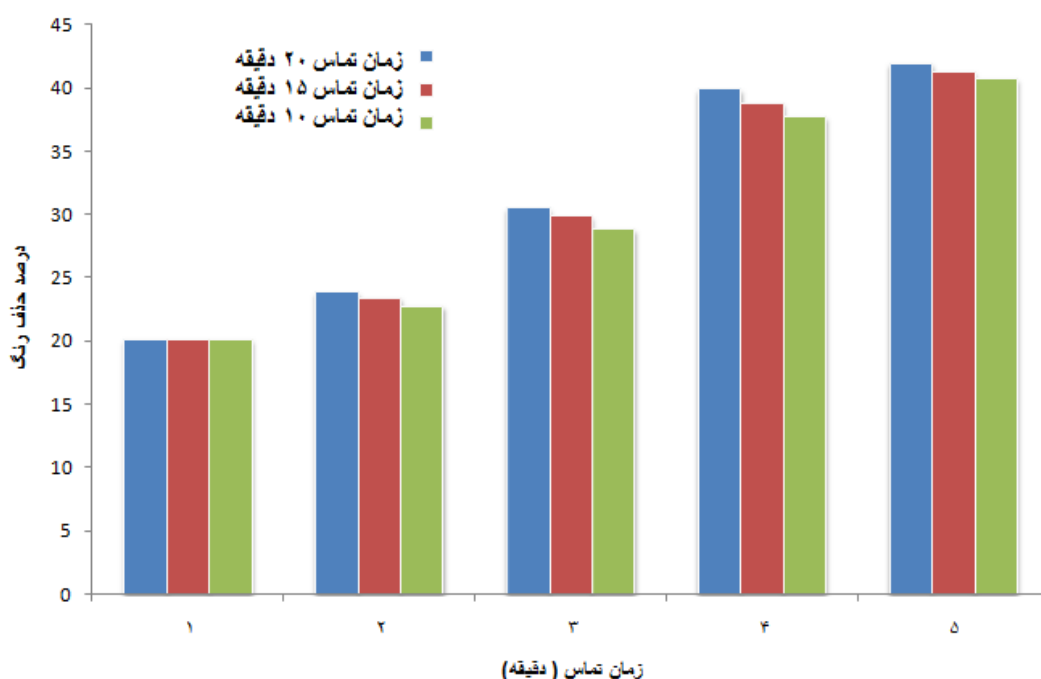


نمودار شماره ۲- میزان حذف رنگ اریتروزین بوسیله پوست نارنج در غلظت های ۲، ۴، ۸ و ۱۲ ppm (در شرایط pH ثابت، دوز جاذب ۰/۷ گرم، دمای ۲۰ درجه سانتیگراد، ۱۵۰ میلی لیتر محلول رنگ و زمان ۱۵ دقیقه ای تماس محلول با جاذب).



بررسی تاثیر مدت زمان تماس جاذب بر میزان جذب سطحی رنگ اریتروزین

در این آزمایش در شرایط غلظت اولیه رنگ ۸ ppm و pH ثابت به بررسی تاثیر زمان تماس جاذب با محلول رنگ اریتروزین پرداخته شد که نتایج نشان می دهد که پارامتر زمان تماس جاذب در محلول رنگ بر روی حذف رنگ اریتروزین تاثیرگذار بوده است. بعد از ثبت جذب محلول اولیه بوسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر رنگ مقدار ۱۵۰ میلی لیتر از محلول رنگ را درون بشر ریخته و ۰/۷ گرم از جاذبها را مخلوط نموده ایم این آزمایش در بازه های زمانی ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه و در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد و به وسیله دستگاه جارتست انجام پذیرفت و بعد از زمان های ذکر شده محلول را به مدت ۱۰ دقیقه و با دور ۴۰۰۰ rpm سانتریفوژ شده و میزان جذب را با دستگاه اسپکتروفوتومتر به دست آورده و میزان حذف رنگ را محاسبه نمودیم که بیشترین میزان حذف رنگ در زمان تماس ۲۰ دقیقه صورت پذیرفت که ماکسیمم میزان حذف رنگ در بازه های ۲۰ دقیقه بوده و برای پوست نارنج ۴۱/۹۶٪ بوده است. میزان حذف رنگ اریتروزین در بازه های زمانی ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه بوسیله پوست نارنج را می توان در نمودار شماره ۳ مشاهده نمود.

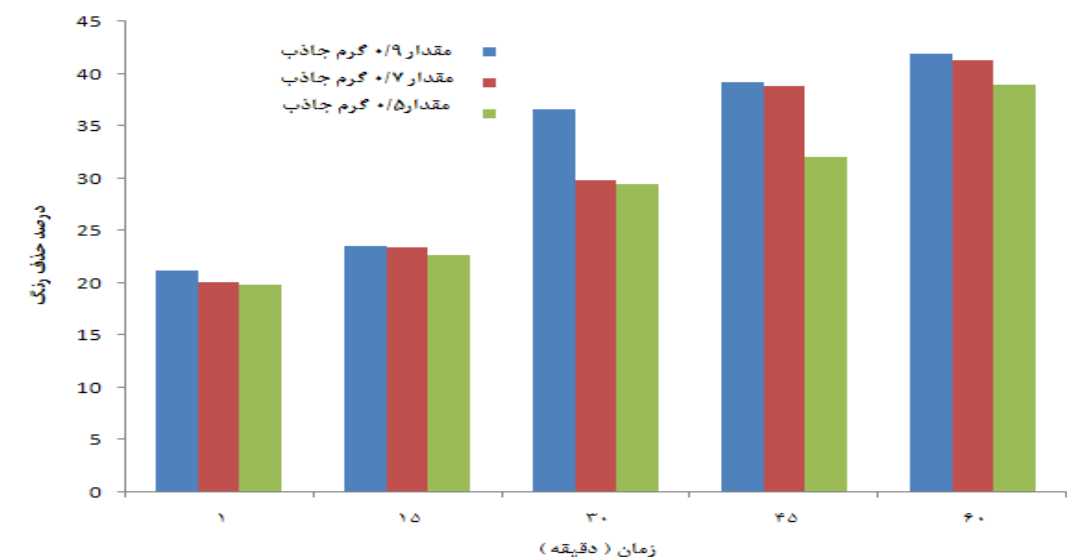


نمودار شماره ۳- بررسی تاثیر مدت زمان تماس جاذب بر میزان حذف رنگ اریتروزین در شرایط غلظت اولیه رنگ ۸ ppm، ۱۵۰ میلی لیتر محلول رنگ، دمای ۲۰ درجه سانتیگراد، میزان ۰/۷ گرم از جاذب پوست نارنج، pH ثابت و در بازه های زمانی ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه.



بررسی تاثیر میزان دوز جاذب بر میزان جذب سطحی رنگ اریتروزین

در این آزمایش در شرایط غلظت اولیه رنگ ۸ ppm برای اریتروزین در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد، pH ثابت به بررسی تاثیر مقدار دوز جاذبها با محلول رنگ اریتروزین پرداخته شد که نتایج نشان می دهد که پارامتر مقدار دوز جاذب در محلول رنگ بر روی حذف رنگ اریتروزین تاثیرگذار بوده است. بعد از ثبت جذب محلول رنگ اریتروزین مقدار ۱۵۰ میلی لیتر از محلول رنگ را درون بشر ریخته و به ترتیب با مقدار ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ گرم از جاذبها مخلوط نموده ایم و با دستگاه جارتست با دور اغتشاش ۱۸۰ rpm به مدت ۱۵ دقیقه به هم زده ایم و سپس بعد از گذشت ۱۵ دقیقه مخلوط رنگ را با دور ۴۰۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ نموده و سپس با دستگاه اسپکتروفوتومتر جذب محلول را گرفته و میزان حذف رنگ اریتروزین را محاسبه نموده ایم که با توجه به میزان جذب های خوانده شده از نمونه های مختلف نتیجه نشان می دهد که بیشترین راندمان حذف مربوط به نمونه مخلوط شده با ۰/۹ گرم از جاذب پوست نارنج. ۴۱/۹۶٪ بوده است که در مدت زمان ۶۰ دقیقه پس از اغتشاش به دست آمده است. میزان حذف رنگ اریتروزین در اختلاط مقادیر ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ گرم جاذب پوست نارنج را می توان در نمودار شماره ۴ مشاهده نمود.

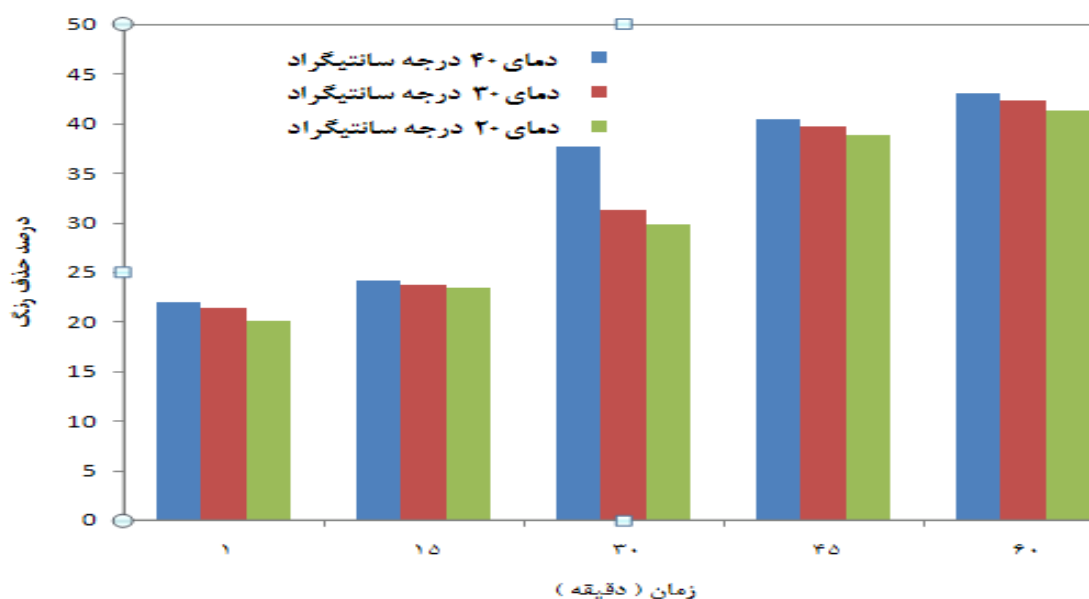


نمودار شماره ۴- بررسی تاثیر میزان دوز جاذب بر میزان حذف رنگ اریتروزین در شرایط غلظت اولیه رنگ ۸ ppm، ۱۵۰ میلی لیتر محلول رنگ، دمای ۲۰ درجه سانتیگراد، pH ثابت و مقادیر ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ گرم جاذب پوست نارنج.



بررسی تاثیر دما بر میزان جذب سطحی رنگ اریتروزین

در این آزمایش در شرایط غلظت اولیه رنگ ۸ ppm اریتروزین و pH ثابت به بررسی تاثیر دما در جذب سطحی رنگ اریتروزین پرداخته شد که نتایج نشان می دهد که پارامتر دما در جذب سطحی محلول رنگ و حذف رنگ اریتروزین تاثیرگذار بوده است. بعد از ثبت جذب محلول بوسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر رنگ مقدار ۱۵۰ میلی لیتر از محلول رنگ را درون ارلن ریخته و ۰/۷ گرم از جاذبها مخلوط نموده ایم و با استفاده از شیکر در در دماهای ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سانتیگراد و با دور اغتشاش ۱۸۰ rpm به مدت ۱۵ دقیقه به هم زده ایم و سپس بعد از گذشت ۱۵ دقیقه مخلوط رنگ را با دور rpm ۴۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ نموده و سپس با دستگاه اسپکتروفوتومتر جذب محلول را گرفته و میزان حذف رنگ اریتروزین را محاسبه نموده ایم که با توجه به میزان جذب های خوانده شده از نمونه های مختلف نتیجه نشان می دهد که بیشترین راندمان حذف مربوط به حذف رنگ در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد می باشد که میزان حذف رنگ در این دما برای پوست نارنج ۴۳/۰۵٪ بوده است که در مدت زمان ۶۰ دقیقه پس از اغتشاش به دست آمده است. میزان حذف رنگ اریتروزین قرمز در فرآیند جذب سطحی بوسیله جاذب پوست نارنج در دمای ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سانتیگراد را می توان در نمودار شماره ۵ مشاهده نمود.

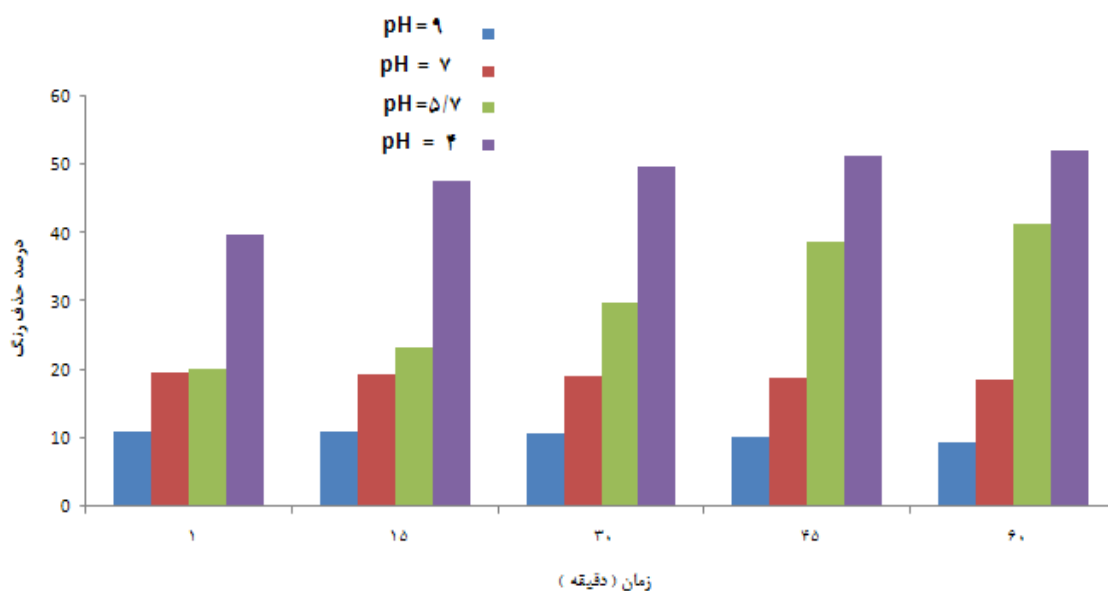


نمودار شماره ۵- بررسی تاثیر دما بر میزان جذب سطحی رنگ اریتروزین در شرایط غلظت اولیه رنگ ۸ ppm، ۱۵۰ میلی لیتر محلول رنگ، میزان ۰/۷ گرم از جاذب پوست نارنج و pH ثابت در دمای ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سانتیگراد.



بررسی تاثیر pH بر میزان جذب سطحی رنگ اریتروزین

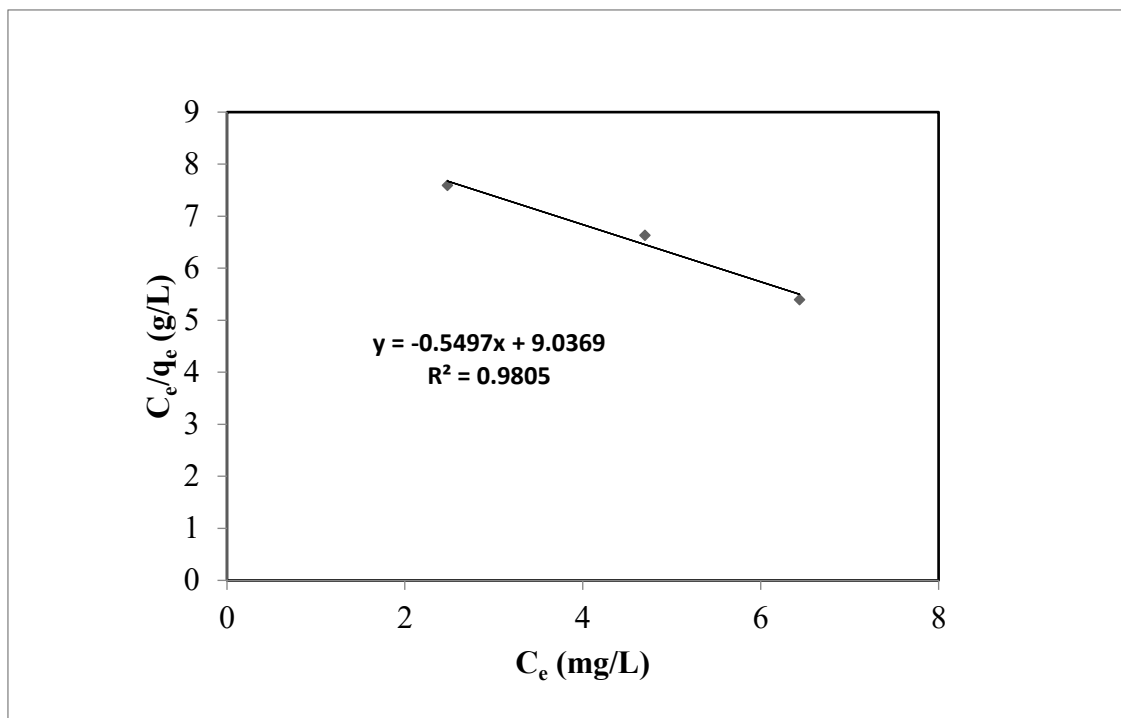
در این آزمایش در شرایط غلظت اولیه رنگ ۸ پی پی ام به بررسی تاثیر pH در جذب سطحی رنگ اریتروزین پرداخته شد که نتایج نشان می دهد که پارامتر pH در جذب سطحی محلول رنگ و حذف رنگ اریتروزین به صورت چشمگیری تاثیرگذار بوده است. بعد از ثبت جذب محلول رنگ در ۴ مرحله آزمایش pH های مختلف، به محلول مادر مقداری پودر بافر با $pH = 4$ ، محلول مادر تقریباً $5/7$ بوده، $pH = 7$ و پودر بافر $pH = 9$ اضافه نموده ایم که در $pH = 4$ ، ماکزیمم جذب تقریباً $0/2$ ارتقا می یابد، در $pH = 7$ جا به جایی ماکزیمم طول موج مشاهده نمی گردد ولی ماکزیمم جذب تقریباً $0/6$ نانومتر ارتقا می یابد در $pH = 9$ ماکزیمم جذب تقریباً $0/5$ نانومتر ارتقا می یابد. مقدار 150 میلی لیتر از محلول رنگ را درون بشر ریخته و $0/7$ گرم از جاذب ها را با آن مخلوط نموده ایم و با دستگاه جارتست در دمای 20 درجه سانتیگراد و با دور اغتشاش 180 rpm به مدت 15 دقیقه به هم زده ایم و سپس بعد از گذشت 15 دقیقه مخلوط رنگ را با دور 4000 rpm به مدت 10 دقیقه سانتریفوژ نموده و سپس با دستگاه اسپکتروفوتومتر جذب محلول را گرفته و میزان حذف رنگ اریتروزین را محاسبه نموده ایم که با توجه به میزان جذب های خوانده شده از نمونه های مختلف نتیجه نشان می دهد که بیشترین راندمان حذف مربوط جاذب پوست نارنج به حذف رنگ در محیط اسیدی و در $pH = 4$ می باشد که میزان حذف رنگ در این محیط اسیدی $52/13\%$ بوده است که در مدت زمان 60 دقیقه پس از اغتشاش به دست آمده است که به نظر می رسد این افزایش حذف در محیط اسیدی به دلیل پایداری پیوند هیدروژنی بین رنگ و گروه های عاملی سلولز جاذب می باشد. کمترین میزان حذف رنگ اریتروزین مربوط به نمونه مخلوط شده در محیط قلیایی $pH = 9$ می باشد. میزان حذف رنگ اریتروزین بوسیله جاذب های پوست نارنج pH های 4 ، $5/7$ ، 7 و 9 را می توان در نمودار شماره ۶ مشاهده نمود.



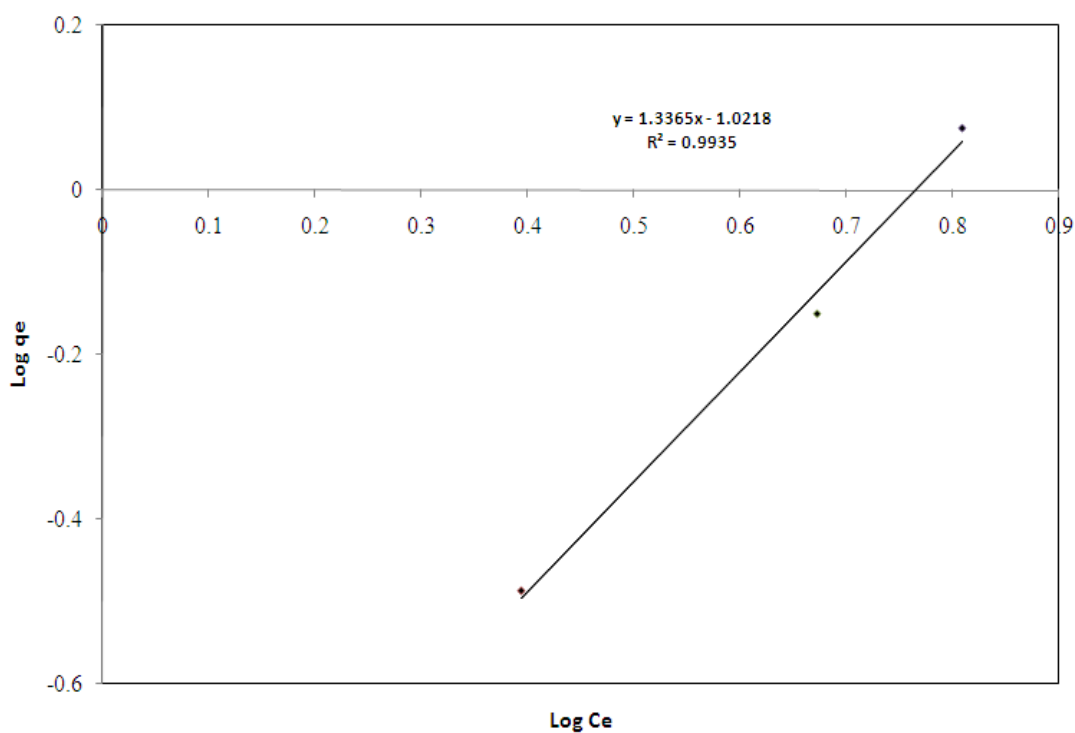
نمودار شماره ۶- بررسی تاثیر pH بر میزان جذب سطحی رنگ کارموزین قرمز در شرایط غلظت اولیه رنگ ppm ۸، ۱۵۰ میلی لیتر محلول رنگ، میزان ۰/۷ گرم از جاذب پوست نارنج و در pH های ۴، ۵، ۷ و ۹.

بررسی مدل لانگمویر و فرنللیچ برای حذف رنگ اریتروزین بوسیله جاذب پوست نارنج

با توجه به جدول شماره ۳ و ۴ و نمودارهای ۷ و ۸ که حاوی داده های ایزوترمی است نشان می دهد که این که این جذب بوسیله ایزوترمهای لانگمویر و فرنللیچ تایید میگردد و هردو ایزوترم لانگمویر و فرنللیچ دارای R^2 نزدیک به ۱ دارد و دارا ی پارامترهای R_L و n که این پارامترها نیز مطلوب به دست آمده است.



نمودار شماره ۷- نمودار مدل لانگمویر جذب سطحی اریتروزین بوسیله جاذب پوست نارنج



نمودار شماره ۸- نمودار مدل فرنللیچ جذب سطحی اریتروزین بوسیله جاذب پوست نارنج



معادله	n	$K_f(\text{mg/g})$	R_L	$Q_m(\text{mg/g})$	$b(\text{L/mg})$	R^2	پارامترها
$C_e/q_e = (1/K_a Q_m) + C_e/Q_m$ $C/q = 1/bqm + C/qm$	-	-	۰/۵۶۷۵	۱/۸۱۹۱۷	۰/۰۶۰۸	۰/۹۸۰۵	ایزوترم لانگمویر
$\ln q_e = \ln K_F + (1/n) \ln C_e$	۰/۷۴۸	۰/۹۷۸۶	-	-	-	۰/۹۹۳۵	ایزوترم فرندلیچ

جدول شماره ۳- پارامترهای مربوط به غلظت برای ایزوترم های لانگمویر و فرندلیچ جذب سطحی اریتروزین بوسیله جاذب

پوست نارنج

غلظت ۱۲ ppm	غلظت ۸ ppm	غلظت ۴ ppm	پارامترها
۸/۷۴۱	۶/۰۴۰۷	۳/۰۴۰۹	$C_e(\text{mg/l})$
۰/۶۹۸۳	۰/۴۱۹۳	۰/۲۰۵۶	$q_e(\text{mg/g})$
۱۲/۵۱۷	۱۴/۴۰۶	۱۴/۷۹	$C_e/q_e(\text{l/g})$

جدول شماره ۴- پارامترهای مربوط به غلظت برای ایزوترم های لانگمویر و فرندلیچ جذب سطحی اریتروزین بوسیله جاذب

پوست نارنج

نتایج و بحث

امکان دنبال کردن فرآیند جذب سطحی (میزان رنگبری) با استفاده از اندازه گیری میزان کاهش جذب نمونه در دستگاه اسپکتروفوتومتر وجود دارد که با استفاده از جذب اولیه محلول که در دستگاه مشاهده شد و جذب خوانده شده بعد از تماس محلول رنگ با جاذب پوست نارنج توانستیم درصد خروجی رنگ یا جذب سطحی را با استفاده از داده ها و فرمول زیر به دست آوریم.

$$\text{درصد خروجی رنگ} = 100 \times \frac{\text{جذب اولیه رنگ} - \text{جذب ثانویه رنگ}}{\text{جذب اولیه رنگ}}$$



در این تحقیق بر روی جذب سطحی رنگ اریتروزین بر روی بستر جاذب سلولزی پوست نارنج کار شد که فاکتور ها و متغیر های موثری چون غلظت اولیه رنگ (غلظت های مختلف ۴، ۸ و ۱۲ ppm)، مقدار جاذب استفاده شده (۵/۰، ۷/۰ و ۹/۰ گرم)، pH مختلف (۴، ۵، ۷ و ۹) و انجام آزمایش در دماهای مختلف محلول رنگ (۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سانتیگراد) مورد بررسی قرار گرفت که تمامی این فاکتور ها به نحوی بر روی حذف رنگ موثر می باشند ولی فاکتور محیط اسیدی از باقی فاکتور ها کارایی بیشتری در حذف رنگ دارد. اطلاعات مختصر در مورد فاکتور های موثر در جدول شماره ۵ قابل مشاهده می باشد.

جدول شماره ۵- بررسی درصد حذف رنگ اریتروزین بوسیله جاذب پوست نارنج در ماکزیمم مقادیر متغیر ها در غلظت . μppm

رنگ مورد آزمایش	دمای بهینه (۴۰ درجه سانتیگراد)	pH بهینه (۴)	مقدار مطلوب جاذب (۹/۰ گرم)	زمان تماس بهینه (۲۰ دقیقه)
درصد حذف رنگ اریتروزین	۴۳/۰۵ %	۵۲/۰۱۳	۴۱/۹۶ %	۴۱/۹۶ %

از نتایج تحقیق کار آمادی جاذب پوست نارنج در حذف رنگ کارموزین حاصل می گردد که از لحاظ اقتصادی نیز بسیار ارزان و بدون آلودگی است. ضمناً نتایج نشان می دهد میزان جذب سطحی رنگ های کارموزین در دماهای بین ۲۰ الی ۴۰ بالا است و نیز بهترین فرآیند جذب سطحی در محیط اسیدی حاصل می گردد که این امر می تواند به دلیل افزایش پیوند هیدروژنی بین رنگ و پودر جاذب باشد و همچنین هرچه میزان دوز جاذب را جهت جذب سطحی افزایش دهیم میزان حذف رنگ نیز بیشتر می شود که این امر به دلیل افزایش نسبت جاذب به رنگ و افزایش مکان های جذب می باشد. از دیگر نتایج این تحقیق تاثیر گذاری زمان تماس محلول رنگ با جاذب می باشد که هر چه زمان تماس را افزایش دهیم میزان جذب سطحی و خروج رنگ نیز افزایش می یابد که به صورت تحلیلی در قسمتهای زیر تشریح می گردد.



پیشنهادهای

با استفاده از جاذب های ارزان قیمت و زیست سازگار و بدون آلودگی پوست نارنج که یک نخاله محصولات کشاورزی است و در کشور ما و خصوصا در استان های فارس، خوزستان و شمال ایران به وفور یافت می شود و مقدار زیادی از این مواد به عنوان نخاله در کارخانه ها دور ریخته می شود می توان مقدار زیادی از آلودگی ناشی از رنگ ها را با کمترین قیمت و هزینه و بدون آلودگی حذف کرد. همچنین استفاده از جاذب در شرایط دمایی و pH مناسب محیط و افزایش زمان تماس جاذب با محلول رنگ مورد نظر.



منابع

۱. سایت بهداشت و محیط ایران. جذب سطحی. www.environmentalhealth.ir/pages/33
۲. M Rachakornki , S Ruangchuay, S Teachakulwiroj. 2004. Removal of reactive dyes from aqueous solution using bagasse fly ash. 26(Suppl. 1): 13-24
۳. آرامی م ، یوسفی لیمایی ن، محمودی ن م، سلمان تبریزی ن. سال ۱۳۸۳. استفاده از جاذب طبیعی پوسته بلغور سویا در رنگبری رنگزاهای اسیدی: بررسی سینتیک و تعادل.
۴. دانشور ن، اولاد قره گوز ع، جعفر زاده تیمورلویی ن. سال ۱۳۸۳. بررسی حذف ماده رنگزای مونو آزو قرمز قلیایی ۴۶ موجود در آبهای آلوده به روش انعقاد الکتریکی.
۵. M I Hasnain , L S Lang , F A H Asaari, A A Hamidi , N A Ramli , A J PDhas. 2007. Low cost removal of disperse dyes from aqueous solution. 74(2007)446-453
۶. هادی م، سمرقندی م ر، عزیزیان س، صمدی م ت، شکوهی ر، رحمانی ع ر. سال ۱۳۸۹. پارامترهای رفتار ستون در جذب رنگ از محلولهای آبی توسط ستون بستر- ثابت کربن فعال.
۷. محوی الف ح، هیبتی ب. زمستان ۱۳۸۹. ارزیابی کربن فعال تهیه شده از چوب درخت گردو در حذف رنگ های آزو در پساب های نساجی و تعیین ایزوترم های قرمز اسیدی ۱۸.
۸. شکوهی ر، جعفری س ج، شیرزاد سیبانی م، گمار ن، سعیدی س. سال ۱۳۹۰. حذف رنگ اسید بلو ۱۱۳ از محیط های آبی با استفاده از جذب بر روی گل قرمز فعال شده.
۹. هاشمیان س، حیدریان م، سال ۱۳۹۰، حذف رنگ اسیدی ایندیگو کارمین توسط جاذب خاک اره.
۱۰. Abassi M , Razzaghi Asl N. 2009. Removal of hazardous reactive blue19 dye from aqueous solutions by agricultural waste. 2 (2009) 221-230
۱۱. <http://en.wikipedia.org/wiki/Erythrosine>